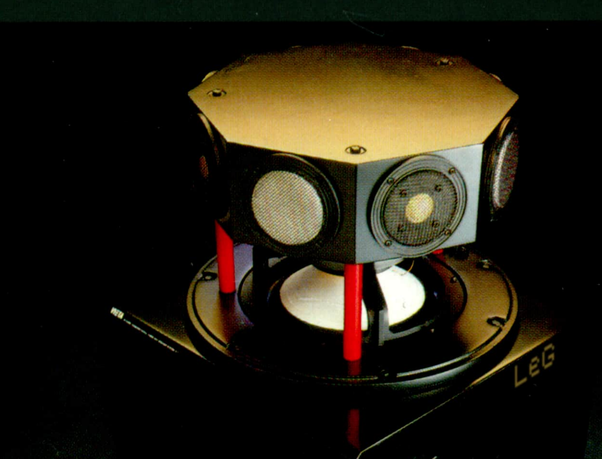
ALTA FIDELIDAD:
Auriculares y cajas acústicas



NUEVAS
TECNOLOGIAS

BIBLIOTECA DE ELECTRONICA/INFORMATICA




NUEVAS
TECNOLOGIAS
BIBLIOTECA DE ELECTRONICA/INFORMATICA

ALTA FIDELIDAD:
Auriculares y cajas acústicas



marcombo

Esta obra es una nueva edición actualizada y ampliada de la obra originalmente publicada por Marcombo, S.A. de Boixareu editores, con el título de «Aplicaciones de la Electrónica»

El contenido de la presente obra ha sido realizado por Marcombo, S.A. de Boixareu editores, bajo la dirección técnica de José Mompin Poblet, director de la revista «Mundo Electrónico»

ISBN 84-7634-485-6 (Obra completa)
ISBN 84-7634-500-3 (Vol. 6)
D. L.: B. 6711-1986

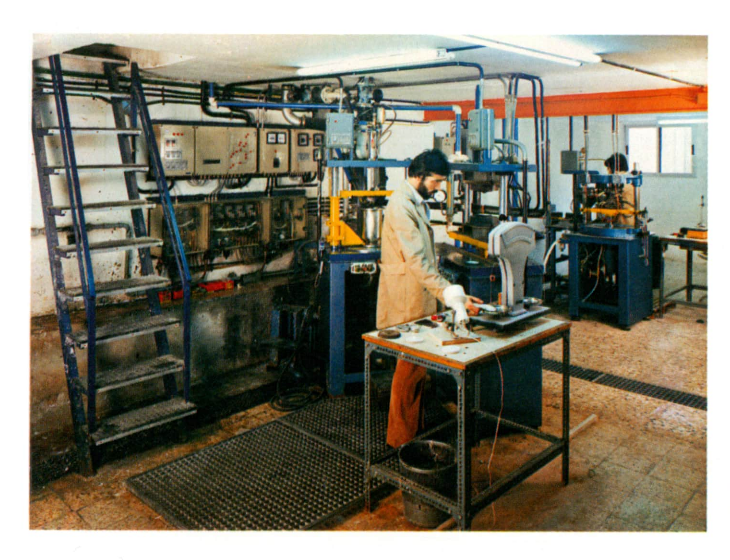
Impreso y encuadernado por
Printer industria gráfica sa Provenza, 388 08025 Barcelona
Sant Vicenç dels Horts 1986

Printed in Spain

Auriculares y bafles

INTRODUCCION

En este libro se tratará de los altavoces y bafles; de cómo funcionan, de los tipos de altavoces, del porqué se montan los altavoces en bafles y de los tipos de bafles que existen. También se hablará de auriculares y finalmente se darán algunos consejos para elegir un sistema de altavoces y sobre dónde y cómo hay que instalarlo, penetrando un poco en este mundo algo misterioso de la técnica.



Vista general de prensas para el moldeo de membranas. Hoy día se tiende a lograr una mayor automatización del proceso de producción para no encarecer el proceso productivo.

Es preciso dejar bien claro que el altavoz es el elemento más imperfecto de toda la cadena de reproducción, ya que sufre limitaciones como pueden ser su pobre banda pasante, siendo necesario recurrir a la asociación de varios altavoces; la masa de su membrana, que se traduce en dificultades para la perfecta reproducción de los transitorios, su característica direccional de radiación y el hecho de que el resultado

acústico global esté condicionado por la ubicación de los altavoces en la señal de escucha y por las características de esta última.



Membrana de altavoz antes de ser prensada y en su fase de elaboración.

El diseño y fabricación de altavoces y bafles es un mundo fascinante que abarca multitud de facetas, desde la composición «secreta» de las membranas (figuras anteriores), hasta la búsqueda de las maderas más idóneas para la construcción del bafle, pasando por la fabricación de piezas metálicas con tolerancias del orden de 0,03 mm, por procedimientos sofisticados de medición: cámara anecoica (figura 3), instrumentación de calidad, etc., sin olvidar lo más fundamental: el oído humano, que es el único que ha de juzgar la calidad de un sistema de altavoces.

ALTAVOCES

El altavoz es el elemento encargado de transformar las señales eléctricas provenientes del amplificador en señales acústicas capaces de ser detectadas por nuestros oídos. Es por tanto un transductor electroacústico del que existen

algunas variantes que estudiaremos más adelante, si bien el más utilizado es el electrodinámico, que es el tipo de altavoz que encontramos en los televisores, aparatos de radio, cassettes y en la mayoría de los sistemas de hi-fi.

Cómo funciona un altavoz

Para que nosotros podamos oír algo es necesario excitar las partículas del aire a fin de que nuestro oído interprete estas vibraciones como un sonido. El encargado de excitar estas partículas será el altavoz y más concretamente su membrana. Veamos ahora cómo se consigue esto.

Recordemos algunas de las propiedades de los materiales magnéticos. Todos los que hemos tenido oportunidad de jugar con imanes hemos visto que cuando acercamos a un imán otro imán con la misma polaridad, se produce un rechazo, y al invertir la polaridad de uno de ellos, una atracción.

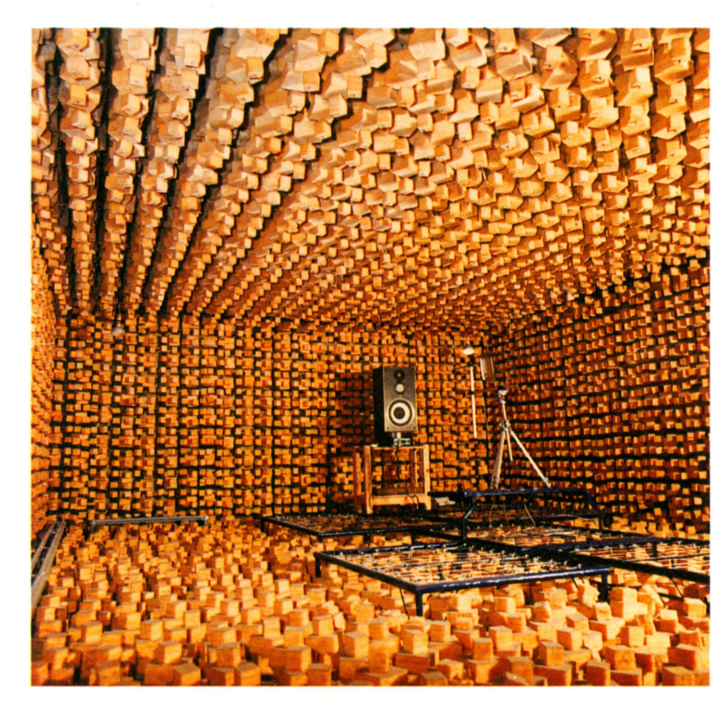
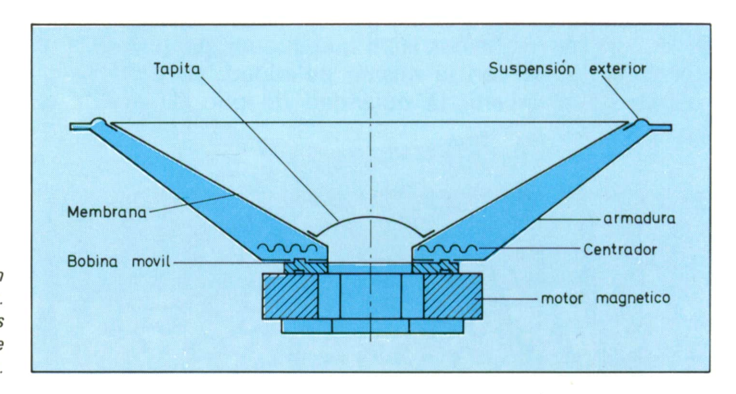


Figura 3. Cámara anecoica utilizada para la medición de altavoces y pantallas acústicas. Con esta disposición se logran evitar las reflexiones sonoras.

Un conductor eléctrico recorrido por una corriente se comporta como un imán, variando su polaridad según sea la polaridad de la corriente que lo atraviesa.

El altavoz electrodinámico consta de un motor magnético, formado por un imán permanente y unas piezas metálicas que concentran todo el flujo magnético de este imán en un entrehierro circular, donde se encuentra colocada una bobina que recibe la señal proveniente del amplificador. Esta bobina lleva adosada una membrana y se mantiene centrada dentro de este entrehierro por medio de un centrador y de la suspensión exterior de esta membrana. Todo este conjunto puede verse esquematizado en la figura adjunta.



Corte esquemático de un altavoz electrodinámico. Se han señalado las diferentes secciones que lo forman.

La bobina móvil, al ser recorrida por la corriente proveniente del amplificador, se comporta como si de un imán se tratase, y al estar éste dentro del campo magnético producido por el motor tienen lugar las atracciones y repulsiones que explicábamos antes. Como la bobina es solidaria de la membrana, se consigue de esta manera el movimiento de esta última, lo cual se traduce en unas presiones y depresiones en el aire circundante que corresponderán a la señal aplicada al altavoz y que producirán el sonido.

La forma y dimensiones de la membrana es lo que en gran manera determina el margen de frecuencias que es capaz de reproducir correctamente un altavoz. Dado que para reproducir las bajas frecuencias se requieren membranas grandes, a fin de excitar una gran cantidad de aire, y para las altas

frecuencias son necesarias membranas de pequeñas dimensiones para que sean lo más ligeras posible y tengan unas características óptimas de dispersión, se recurre a repartir el espectro audible en dos o más altavoces.



Sistema de altavoces que incorpora un subwoofer situado en la parte inferior de una mesita de té.

Altavoces de banda ancha

Se les suele encontrar en televisores, radio cassettes y otros aparatos de Media Fidelidad. Son altavoces de alto rendimiento en la zona media, pero no llegan a cubrir toda la gama de frecuencias. Algunos de estos altavoces incorporan un pequeño difusor central a fin de aumentar su rendimiento en las altas frecuencias.

Altavoces de graves

Son altavoces capaces de reproducir la gama de frecuencias comprendida entre 20 y 1.000 Hz aproximadamente.

Sus dimensiones suelen estar entre 12 y 30 cm. Su frecuencia de resonancia determina el límite inferior de la banda pasante. Suelen poseer un motor potente asociado a una bobina larga, que permite a la membrana efectuar grandes desplazamientos sin que el número de espiras que permanece dentro del entrehierro disminuya, lo que daría lugar a una distorsión por falta de linealidad del producto $B \times l \times i$.



Altavoz de graves. Posee un gran volúmen que permite mejor las vibraciones de las frecuencias audibles de la gama más baja.

Debido al elevado peso de su bobina y de su membrana suelen tener una frecuencia de resonancia bastante baja, lo que si bien es favorable para la reproducción de las bajas frecuencias reduce el margen de frecuencias por la parte superior, ya que sus grandes dimensiones y elevado peso dan como resultado una pobre respuesta en transitorios y una directividad muy acusada en las frecuencias altas.

Altavoces de medios

Su gama de frecuencias suele estar comprendida entre 400 y 8.000 Hz, son de dimensiones más reducidas que los altavoces para graves, estando sus membranas comprendidas entre 12 y 3 cm.

De estos altavoces existen realizaciones con membrana convencional, otras utilizan una cúpula vibrante y también

las hay de tipo trompeta, que suelen presentar una eficiencia mucho más elevada.

Altavoces de agudos

Cubren la gama de frecuencias comprendida entre 1.000 y 20.000 Hz, sus dimensiones están entre 7 y 1,5 cm. También, como en el caso de los altavoces de medios, los hay de membrana cúpula y de trompeta. Recientemente se vienen empleando unidades de plasma en las que se utiliza el aire como membrana, consiguiéndose así tener lo que podríamos denominar una membrana «ideal», es decir, una membrana que no tiene peso y puede de esta manera seguir fielmente y sin inercia alguna las señales del amplificador.



Altavoz convencional de medios. El tamaño es menor que el de graves y su robustez solamente está en función de la potencia de trabajo.

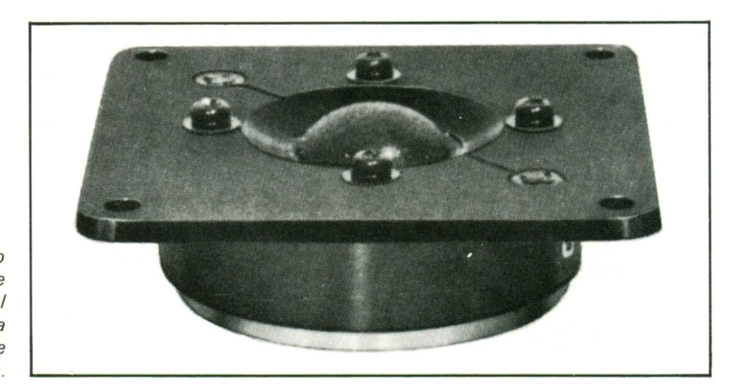
OTROS TIPOS DE ALTAVOCES

Altavoces electrostáticos

El altavoz electroestático está constituido por un diafragma (membrana) muy ligero, generalmente en poliéster metalizado, el cual se encuentra entre dos láminas perforadas acústicamente transparentes. Este diafragma está polarizado en relación con las dos láminas, las cuales crean un potente campo electrostático; la señal es aplicada a estas placas a través de un transformador push-pull. Las variacio-

nes de polaridad del diafragma con respecto a cada una de las placas provocan el desplazamiento de éste hacia una u otra, reproduciendo así la señal. Dado que este desplazamiento es muy reducido, se requiere un diafragma de gran superficie si se quieren reproducir las bajas frecuencias.

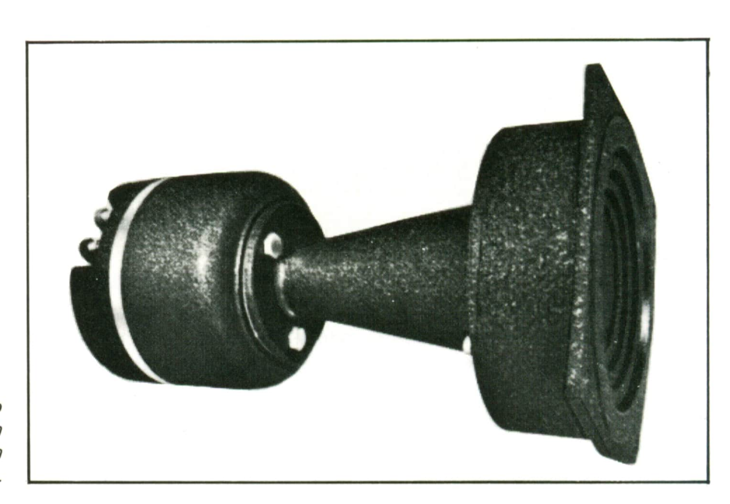
Existen unidades electrostáticas destinadas únicamente a la reproducción de medios o agudos. (figura 21).



Altavoz de medios tipo cúpula. Posee un potente motor capaz de arrastrar al cono admitiendo una considerable potencia de entrada.

Ventajas

Diafragma ligero; buena reproducción de transitorios; al no utilizar bafle se evita la distorsión que siempre introduce

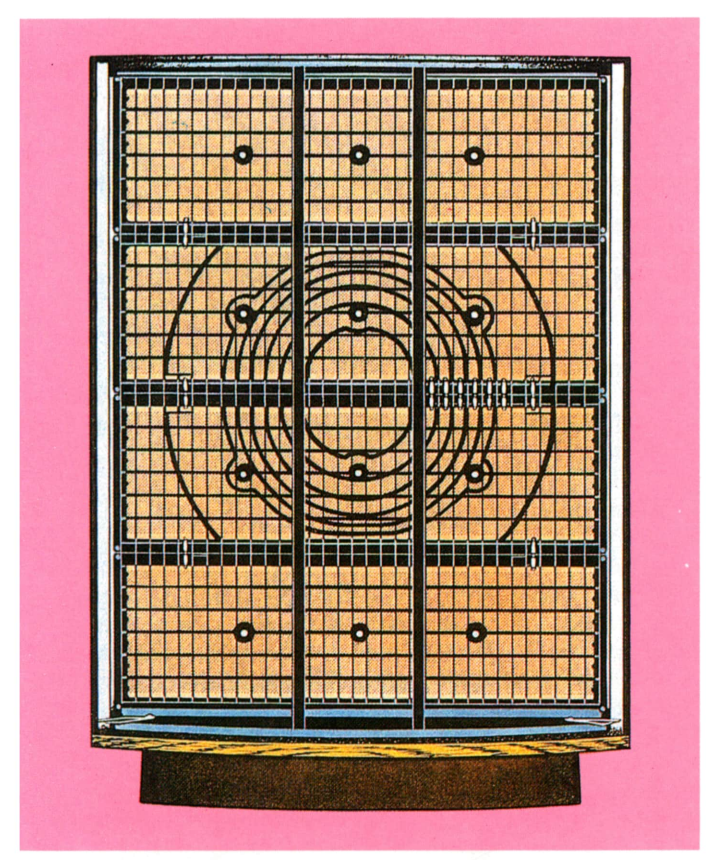


Altavoz de medios tipo trompeta, empleado en auditorios de gran volúmen.

este último. Es el altavoz preferido por aquellas personas que buscan naturalidad en la reproducción.

Inconvenientes

Admite poca potencia; puede presentar problemas de adaptación con algunos amplificadores; se requieren grandes superficies si se quieren reproducir bajas frecuencias.



Altavoz electrostático de la firma Quad. A diferencia de los altavoces de tipo electrodinámico su aspecto es aplanado, predomina la superficie sobre la profundidad.

Altavoces magnéticos planos

Son una variación del altavoz electrostático, constan tam-

bién de un diafragma muy ligero en el que se ha impreso o pegado un hilo conductor que forma la bobina móvil. Este diafragma se encuentra centrado entre dos placas constituidas por imanes que crean un campo magnético en el cual se encuentra todo el diafragma, a partir de aquí el funcionamiento es el mismo que el del altavoz electrodinámico. Es posible también encontrar unidades destinadas sólo a la reproducción de medios y agudos (Figura 22).

Ventajas

Son las mismas que las del altavoz electrostático: poca masa, buena reproducción de transitorios, no utiliza bafle y soporta más potencia que el electroestático.

Inconvenientes

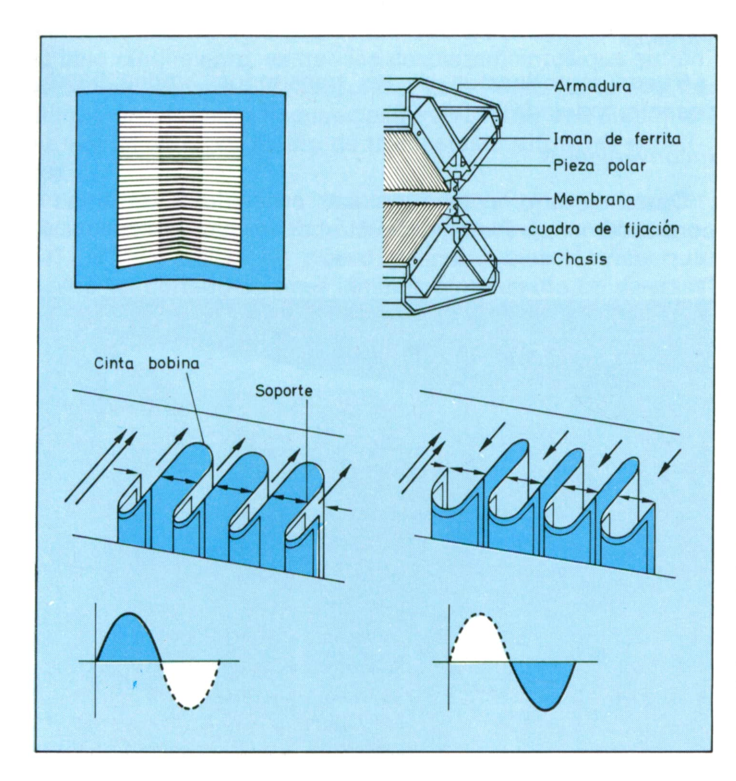
Al estar la bobina impresa en el diafragma éste no es excitado uniformemente; requiere la utilización de imanes muy potentes, siendo su rendimiento reducido.

Unidades Heil

Las unidades Heil también llamadas AMT (*Air Motion Transformer*) son utilizadas como altavoces de medios y agudos. El principio de funcionamiento es similar al de los altavoces planos magnéticos. La diferencia está en que la unidad Heil utiliza un diafragma plegado en forma de acordeón en el que va impresa la bobina móvil; todo este diafragma esta inmerso en un potente campo magnético. Al ser recorrida la bobina por la corriente proveniente del amplificador, los pliegues se abren y se cierran «pellizcando» el aire que se encuentra entre ellos. La aceleración que se consigue de esta manera es cinco veces superior a la que se consigue excitando el aire por medio de una membrana convencional. Esto quiere decir que el diafragma debe moverse a 1/5 de la velocidad con que se desplaza el aire circundante. Esta baja velocidad del diafragma se traduce en una excelente reproducción de los transitorios, siendo además capaz de reproducir frecuencias muy elevadas.

Es característico de estas unidades una resonancia que se encuentra por encima de su margen normal de operación. En los altavoces de medios y agudos esto no presenta ningún

problema por quedar dicha resonancia fuera del margen audible, pero en los altavoces de graves quedaría situada en



Unidad Heil. Se observa la reproducción de los dos semiciclos de la señal con las vibraciones de la cinta en los dos sentidos. Aunque no se utilizan mucho, causaron sensación cuando fueron presentados en público por primera vez.

la zona de medios. Para la reproducción de las bajas frecuencias ha sido desarrollada una nueva unidad, denominada *woofer* ATD, que consta de cinco ligeros diafragmas de 4 pulgadas, colocados uno encima de otro y separados por unidades estacionarias. Estos cinco diafragmas son interconectados y accionados por cuatro ligeras varillas de fibra de carbón solidarias a una bobina móvil, la cual trabaja bajo el mismo principio que el de los altavoces electrodinámicos. Estos diafragmas están montados en unos reflectores acústicos y toda la unidad está montada en un bafle que separa lo más posible la radiación frontal de la posterior, aunque la cancelación de graves no es evitada totalmente.

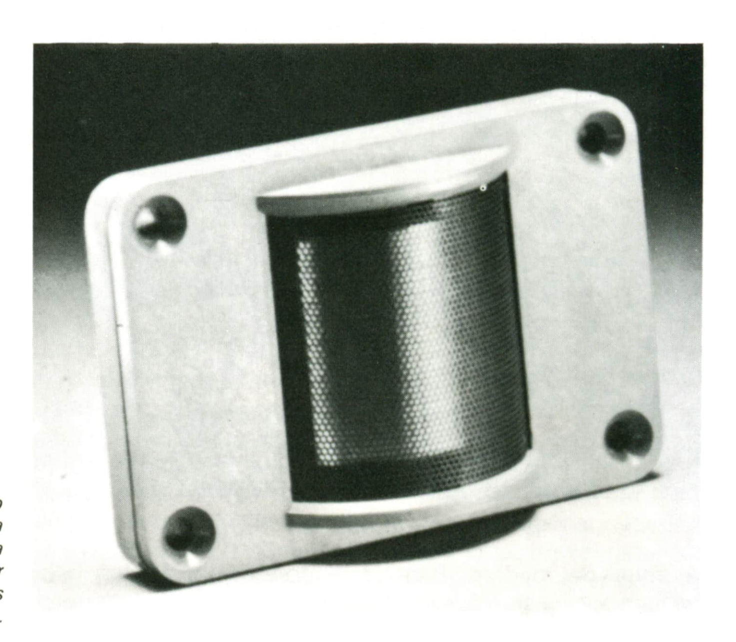
Ha sido ya anunciada otra unidad que incorpora dos bobinas excitadoras.

Ventajas

Buena reproducción de los transitorios; amplia banda pasante; reducida distorsión.

Inconvenientes

Coste elevado, debe funcionar asociado a un altavoz convencional para la reproducción de las bajas frecuencias.



Altavoz de agudos tipo piezoeléctrico. La vibración de la lámina permite reproducir perfectamente las frecuencias más altas.

Altavoces piezoeléctricos

Existen algunos materiales cristalinos que presentan la propiedad de producir corriente cuando son presionados o bien la de deformarse cuando se les hace circular una corriente. Este fenómeno ha sido utilizado en cápsulas fonográficas, sensores acústicos, medidores de deformaciones, etc.

La aplicación de este fenómeno a los altavoces es un desafío, ya que estas unidades consumen muy poca potencia si la comparamos con la que consumen los altavoces electrodinámicos. Pero su inconveniente ha sido su bajo rendimiento, ya que los desplazamientos que sufren estos cristales son microscópicos. Esto limita su campo de utilización a las altas frecuencias y aun así hay que aumentar su rendimiento por medio de trompetas o difusores acústicos.

La firma Pioneer ha desarrollado un nuevo tweeter piezoeléctrico, denominado HPM (*High Polymer Membrane*), el cual utiliza un nuevo polímero piezoléctrico que puede ser cortado en finas láminas o moldeado en diversas formas. Esta unidad es de forma cilíndrica e incorpora una lente acústica para mejorar la dispersión.



Pantallas acústicas tipo reflex que incorporan filtros de frecuencia. Cada tipo de altavoz queda dispuesto para reproducir la frecuencia para la que está preparado. (Cortesía: Jamo).

Ventajas

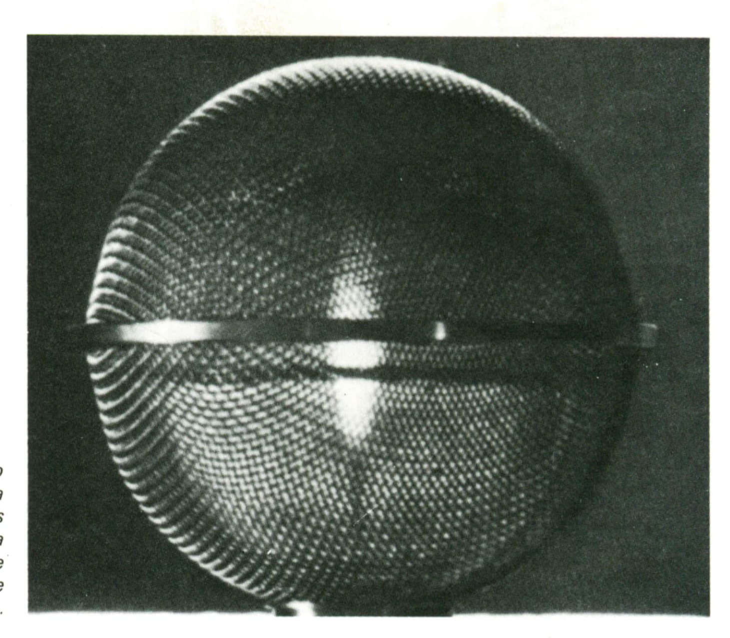
Buena respuesta a las altas frecuencias; no necesita divisor; bajo consumo.

Inconvenientes

Bajo rendimiento; no puede reproducir medias o bajas frecuencias.

Altavoces iónicos. Plasma

El principio de funcionamiento de estas unidades es como sigue: una tensión eléctrica de alta frecuencia es aplicada al extremo de una punta metálica, formándose alrededor de ella un campo eléctrico intenso que arrastra los electrones hasta



Altavoz de agudos tipo plasma. Aprovechan la ionización de las moléculas próximas a la salida del conductor que entrega las variaciones de corriente.

la punta. Estos últimos, atravesando las capas de aire próximas, provocan una ionización de las moléculas que va acompañada de un calentamiento muy importante, creando

así un plasma alrededor de esta punta donde la temperatura puede llegar a 5.000°. La descarga iónica forma una corona alrededor de la punta, de ahí la denominación de *efecto corona*. Este efecto corona es debido a un campo de alta frecuencia entre 20 y 30 MHz. Una tensión elevada del orden de 2.000 V ionizaba en los primeros altavoces iónicos



Como quiera que el espacio del automóvil es reducido, también lo es el tamaño de los altavoces y de los bafles que los incluyen.

el aire contenido en un pequeño tubo de cuarzo. El campo de alta frecuencia está modulado en amplitud por la señal de baja frecuencia que hay que reproducir. La modulación del gas contenido en la célula comporta unas variaciones de presión, las dilataciones y contracciones del aire crean las señales acústicas correspondientes a la modulación. En estos primeros modelos ya se puso de manifiesto su extraordinaria respuesta transitoria y su elevada banda pasante, debido a que al actuar el aire como diafragma no

hay ninguno de los problemas de peso que presentan los demás materiales. Pero existían problemas de realización debido a que la célula de cuarzo, al estar sometida a unas fuertes contracciones térmicas, limitaba su duración.



Gama de pantallas acústicas Vieta. Se observan desde los bafles más sencillos a los bafles de tipo infinito y reflex.

RECINTOS ACUSTICOS (BAFLES)

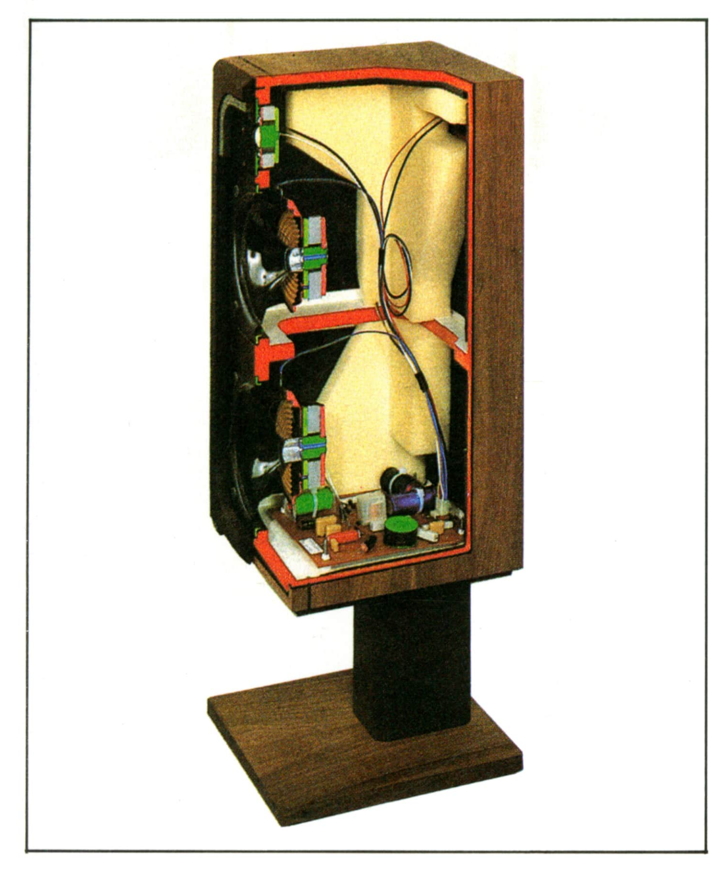
En cualquiera de los tipos de altavoces analizados anteriormente, el cono o membrana está radiando por sus dos caras al mismo tiempo y se crean ondas de presión y de depresión, es decir, que si por un lado se está creando una presión por el lado opuesto de la membrana, y dado que el movimiento de ésta es contrario, se está creando una depresión.

Esto quiere decir que estas dos señales estarán en oposición de fase, lo que dará lugar, cuando se encuentren en el espacio, a su cancelación.

Es el fenómeno que se conoce por *cortocircuito acústico*. Esta cancelación de la señal podría evitarse separando la señal emitida por la parte frontal de la membrana de la que emite por su parte posterior mediante un panel, cuyas dimensiones fueran superiores a la longitud de onda para la cual queremos evitar su cancelación.

Pero dado que las dimensiones de este panel serían desorbitadas, se recurre a otras soluciones que consisten en «encerrar» dentro de una caja la señal emitida por la parte posterior de la membrana.

Esta solución plantea varios problemas, el más importante es que esta caja modifica las características del altavoz aumentando su rigidez, ya que en sus desplazamientos ha de comprimir el aire encerrado en la misma, por lo que si se desea una buena respuesta en bajas frecuencias hay que hacer la caja lo suficientemente grande para que no altere mucho las características del altavoz. Además, en el interior



Vista en sección de un bafle en donde se observa el circuito de filtro que separa las tres bandas de frecuencias: agudos, medios y graves. También puede verse el material absorbente para el sonido procedente de la parte posterior de los conos.

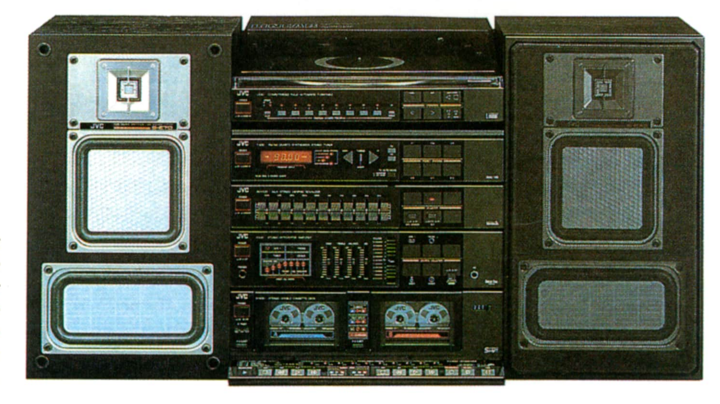
de esta caja se producen unas resonancias que dan como resultado una coloración del sonido. Tratando de minimizar todos estos problemas han ido desarrollándose varios tipos de cajas acústicas, de los que vamos a analizar sus ventajas e inconvenientes.

Filtros divisores

Cualquiera que sea el tipo de caja acústica utilizado, es necesario repartir todo el margen de frecuencias a reproducir entre todos los altavoces que incorpore el recinto.

Estos pueden ser de dos, tres o incluso más vías, según sea el número de canales en que se ha dividido la gama de frecuencias, conviene aclarar que el número de altavoces que incorpora el recinto no tiene que ser necesariamente el mismo que el número de vías, ya que dos o más altavoces pueden ir conectados a la misma salida del divisor.

Los filtros divisores vienen caracterizados por las frecuencias de corte en las que se efectúa el relevo de un altavoz a otro, y por la pendiente que es la rapidez con que se efectúa. Algunas unidades tienen prevista la posibilidad de conexión a filtros electrónicos asociados a un amplificador por vía.



Los equipos estereofónicos, aunque se trate de minicadenas incorporan bafles de calidad para asegurar la perfecta reproducción sonora. (Cortesía: JVC).

Recinto infinito

Es en esencia un panel, de dimensiones suficientemente

grandes para que no se produzca el cortocircuito acústico, en el que se ha practicado un agujero donde se coloca el altavoz; dicho panel separa la radiación posterior de la anterior. Este tipo de solución no se utiliza dadas las grandes dimensiones del panel. En algunos casos se monta el altavoz en un agujero practicado en una pared, actuando esta última de panel. Erróneamente, se denomina también infinita a la caja acústica completamente cerrada, que recibe también otros nombres: suspensión acústica, hermética, caja sellada.



Pantallas acústicas tipo infinito. A la derecha puede verse el miso bafle de la estantería al que se le ha quitado la cubierta protectora.

El recinto infinito consiste en montar el altavoz en una caja completamente cerrada, de manera que la radiación posterior de la membrana quede «encerrada» dentro del recinto. Ultimamente se vienen utilizando para este tipo de recintos altavoces de gran elasticidad, de modo que el control de este altavoz lo realiza el aire encerrado dentro del recinto,

aprovechándose el hecho de que la linealidad del aire, cuando se comprime, es mejor que la que cabe esperar de los altavoces, dado que en éstos se efectúa de manera mecánica.

El inconveniente de este tipo de recinto es que al montar el altavoz en él se alteran sus características, viniéndose a sumar a la elasticidad del altavoz la elasticidad del aire encerrado en el recinto, que da como resultado un aumento de la frecuencia de resonancia del altavoz y trae consigo una disminución de la banda de frecuencias bajas a reproducir. De ahí que para la reproducción de frecuencias muy bajas se necesiten recintos de mayores dimensiones.

Ventajas

Buena respuesta en bajas frecuencias con poco volumen, suave atenuación en la respuesta por debajo de la frecuencia de resonancia (12 dB/octava).

Buen amortiguamiento que se traduce en graves limpios y sin alargamientos.

Inconvenientes

Poco rendimiento.

Recinto reflex

El recinto reflex consiste en un recinto infinito que tiene un agujero con un tubo. El aire encerrado dentro de este tubo es excitado por el aire del recinto, actuando como si fuera un diafragma y sumando su señal a la producida por el altavoz.

Este diseño requiere un cuidadoso cálculo de las dimensiones de este tubo, que debe estar muy relacionado con las características del altavoz a fin de que resuene produciendo una señal en fase por debajo de la resonancia del conjunto caja y altavoz.

Dadas las características que ha de cumplir el altavoz que se utiliza, se obtiene como resultado un sistema de elevado rendimiento.

Ventajas

Elevado rendimiento; aumento de la banda pasante por

debajo de la frecuencia de resonancia caja y altavoz; buena capacidad de potencia.

Inconvenientes

Debe utilizarse un filtro subsónico para evitar excesivos desplazamientos del altavoz que contribuiría a su rápido deterioro.

Da generalmente como resultado cajas de elevado volumen y presenta una atenuación de 24 dB/octava por debajo de la frecuencia de acorde.



Pantalla acústica Philips tipo reflex. Aprovecha la posibilidad de que el aire del interior llegue al exterior a través de un orificio.

Recintos con radiador pasivo

El radiador pasivo es en esencia un recinto reflex en el que se ha sustituido el aire de la abertura por un altavoz desprovisto de motor y de bobina, que es excitado por las

variaciones de presión del aire encerrado dentro del recinto.

Al diafragma de este altavoz pasivo se le añade una masa a fin de que el sistema resuene cerca de la frecuencia de resonancia, reforzando así la señal emitida por el altavoz activo.

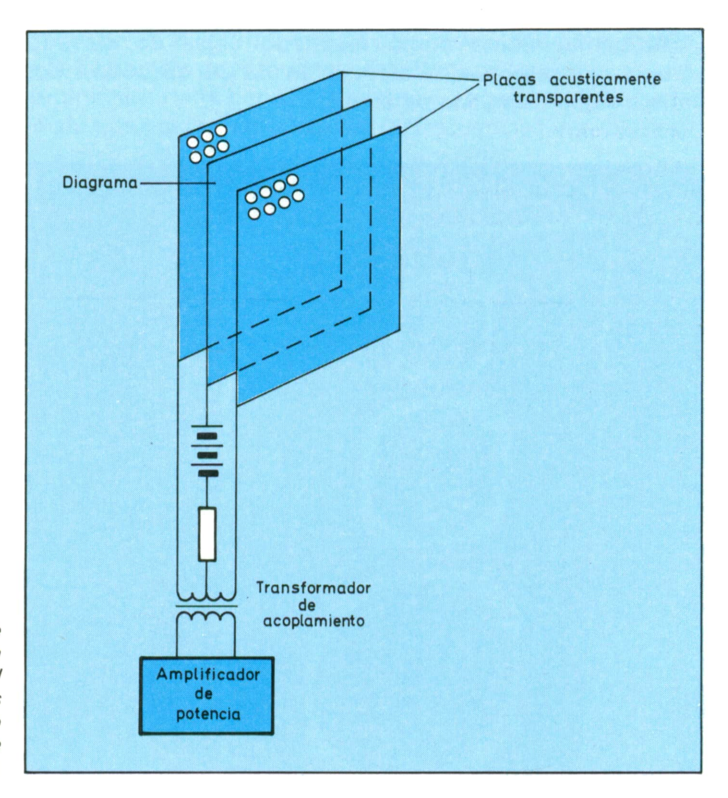


Figura 21. Principio de funcionamiento de un altavoz electrostático. El diafragma queda entre los extremos del secundario del transformador de acoplamiento.

El hecho de utilizar un altavoz pasivo en vez de la abertura que se utiliza en los recintos reflex tiene sus ventajas, ya que el aire que se encuentra en la abertura tiende a moverse de manera incontrolada; el radiador pasivo se comporta de una manera más parecida a la del altavoz principal. Además, el recinto tiende a comportarse de una manera más aproximada a la de un recinto cerrado en frecuencias inferiores a la que está ajustado, reduciendo los peligros de distorsión.

Ventajas

Las mismas que para el reflex.

Inconvenientes

Los mismos que para el reflex.

Trompetas

Algunos de los altavoces que se utilizan actualmente llevan trompetas, ya sea en los altavoces de agudos o de medios. Una trompeta es básicamente un transformador acústico que acopla el aire existente en la superficie del diafragma con el aire de la sala de audición.

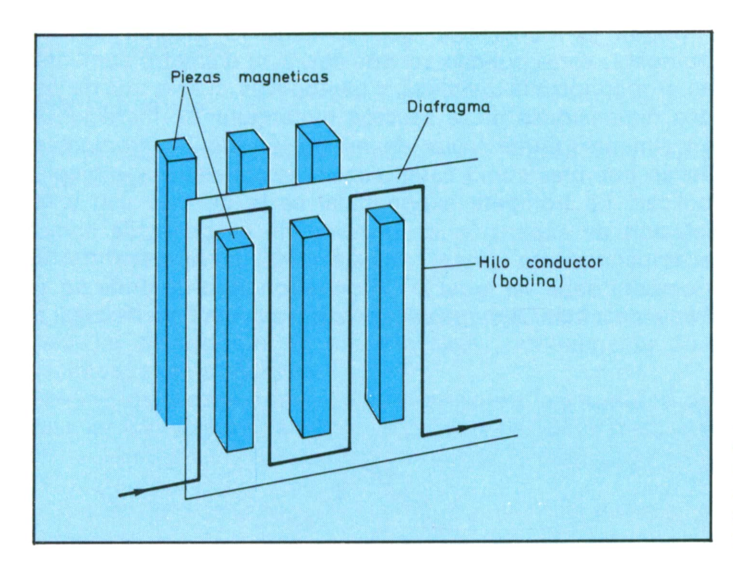
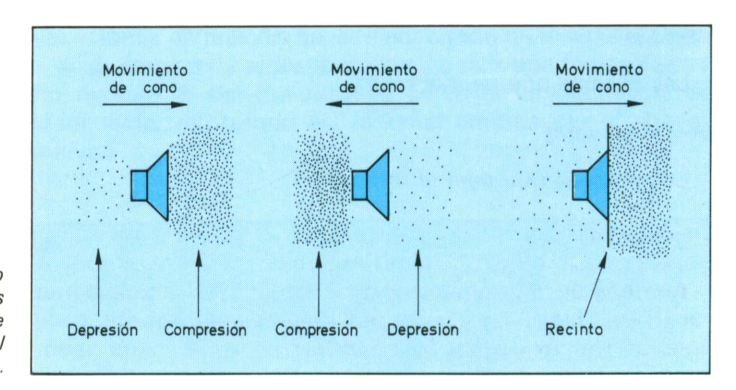


Figura 22. Principio de funcionamiento de un altavoz magnético plano. El desplazamiento del diafragma depende de la corriente que pasa por el conductor.

Es en esencia un tubo en el que la sección va aumentando a medida que se va alejando del diafragma. Un ejemplo típico son los antiguos gramófonos.

El acoplamiento de la trompeta con el diafragma debe ser cuidadosamente diseñado para evitar problemas de cancelación de fase debido a las reflexiones; por esta razón se



Cortocircuito acústico entre las ondas sonoras procedentes de la parte anterior y posterior del altavoz.

utilizan unos acopladores de fase entre el diafragma y la trompeta.

Según la manera en que aumenta la sección de las trompetas éstas pueden ser cónicas, si el diámetro aumenta en proporción a la distancia, y parabólicas, si sólo una de las dos dimensiones de la sección rectangular se incrementa linealmente. Otras leyes de expansión de las trompetas llevan nombres como catenoidales, exponenciales e hiperbólicas. La trompeta exponencial es la de más uso y la relación de expansión de la trompeta es conocida como acampanamiento (*flare*). El diámetro de la boca de la trompeta debe ser igual a 1/4 de la longitud de onda de la frecuencia más baja que se quiere reproducir. Esto da lugar a

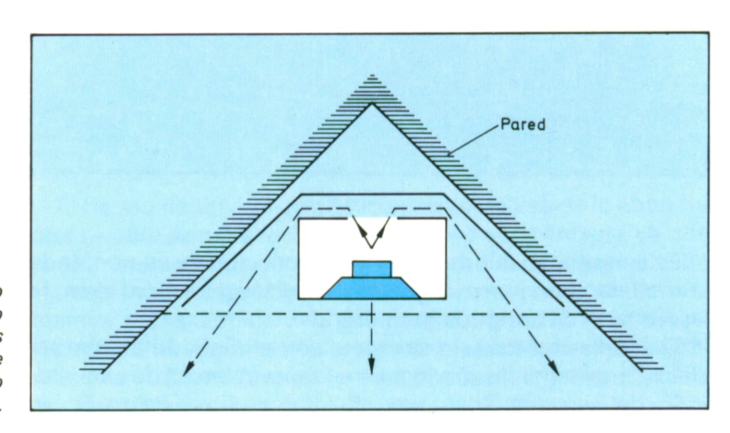


Figura 24. Recinto acústico del tipo bocina o trompeta que utiliza las paredes de la sala de audición como prolongación del mismo.

que para frecuencias graves se requieran tamaños impracticables de trompetas. Una solución consiste en plegarlas y colocar el recinto en una esquina de la habitación, de forma que las paredes formen parte de la trompeta. Un conocido ejemplo es el recinto Klipschorn (figura 24).

El tamaño de la boca de la trompeta afecta en gran manera a la dispersión; además la dispersión varía según cambia la frecuencia. Para evitar estos problemas se emplean lentes acústicas así como trompetas con recintos multicelulares.

Muchas de las trompetas que se utilizan no son diseños recientes. Trompetas plegadas, multicelulares, etc., son diseños antiguos pero en uso todavía.

Ventajas

Gran rendimiento, posibilidad de reproducir frecuencias muy bajas con un nivel elevado. Es el sistema más utilizado en las discotecas.

Inconvenientes

Son cajas de grandes dimensiones. Introducen cierta coloración.

Sistemas corregidos en fase

No son un nuevo tipo de recinto sino que obedecen a una peculiar disposición de los altavoces, normalmente son recintos reflex o infinitos

Las discusiones sobre la importancia de la linealidad de fase en los altavoces no han dado fin todavía: defensores y detractores encuentran cada vez nuevos argumentos para rebatir o apoyar sus teorías.

Los detractores argumentan que un ambiente reverberante introduce una importante cantidad de reflexiones, las cuales minimizan la información de fase que puede tener una señal al llegar a los oídos, y que sólo con especiales señales de prueba y en lugares apropiados pueden oírse diferencias.

Los defensores argumentan que los sistemas de reproducción para hi-fi deben tener una respuesta plana en frecuencias, así como de fase. Los sistemas tradicionales de varios altavoces presentan problemas de fase, ya que el centro acústico de los distintos altavoces que lo forman no

está en el mismo plano debido a las distintas profundidades de las membranas; por eso el tiempo de llegada al oyente de las señales provenientes del altavoz de agudos es más corto que en el resto de altavoces, ya que este altavoz se encuentra más cercano.

Esto equivale aproximadamente a un retraso en tiempo de 2 milisegundos que equivalen a una variación de fase de 6 grados a 1.000 Hz.

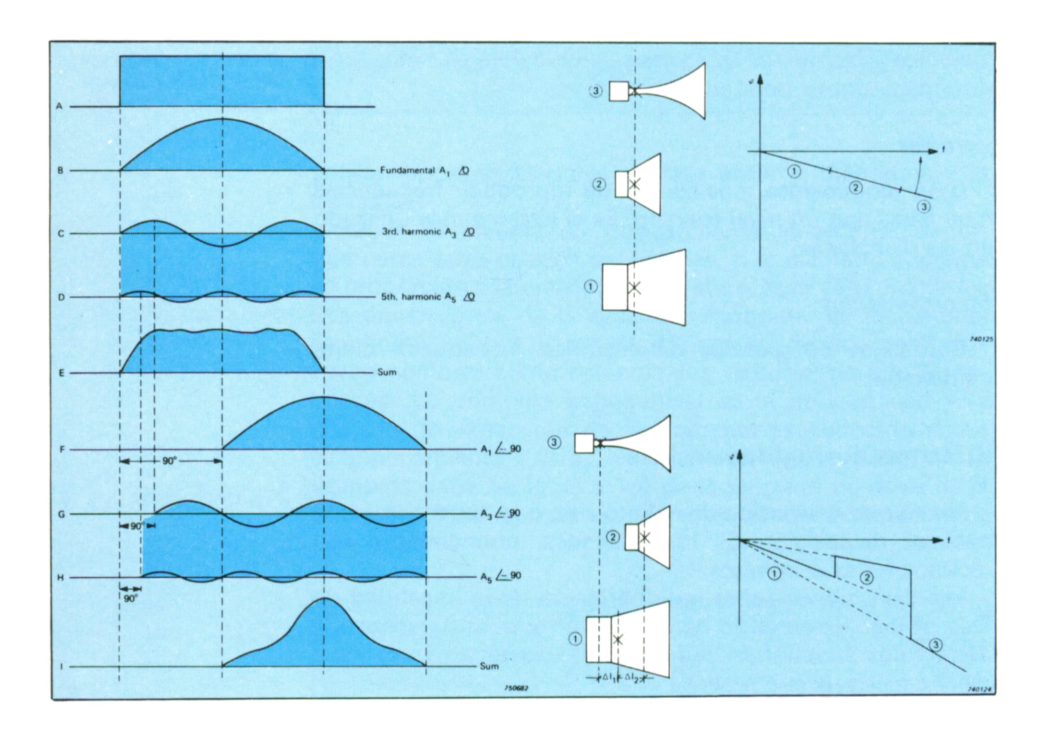


Figura 25. Reconstrucción de una señal cuadrada por un sistema de altavoces corregido en fase, y por otro sistema convencional.

Pero esta variación de fase no es la más importante, ya que los filtros divisores de frecuencias introducen también variaciones importantes de fase en las zonas de cruce de los mismos. ¿En qué manera pueden afectar estas variaciones de fase a la respuesta del altavoz? Veamos el ejemplo que se representa en la figura 25.

Una señal cuadrada A puede descomponerse en una serie de señales senoidales que sumadas vuelven a reconstruir la

señal original, pero para que esto ocurra no debe haber variaciones de fase en las distintas señales ni variaciones de nivel.

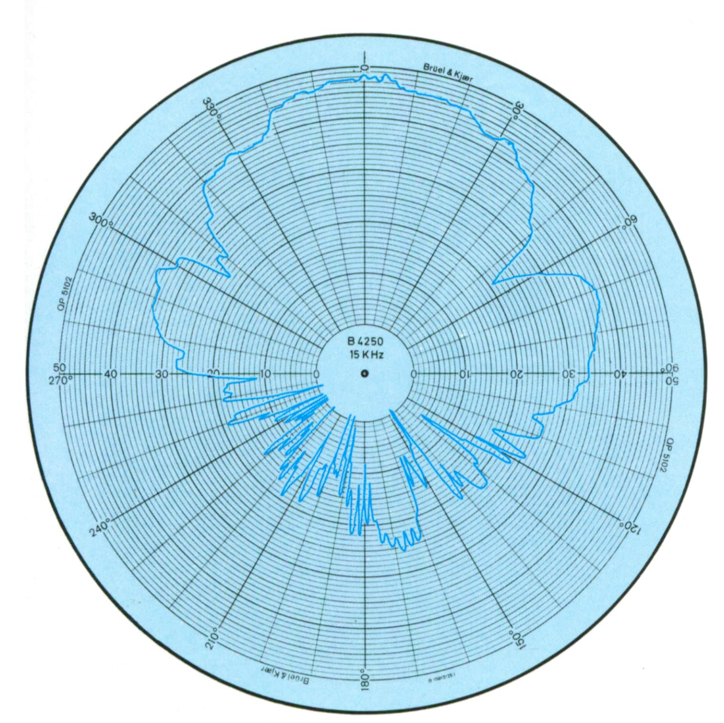


Figura 26. Diagrama de radiación polar de una pantalla convencional. La respuesta está tomada a 15 kHz y se observa que está atenuada en la parte posterior del bafle.

En el primer caso, un sistema corregido en fase da como resultado la señal (E), que es la suma de las distintas señales reproducidas por los distintos altavoces. En el segundo caso la señal (I) no guarda mucho parecido con el original (A) dado que en la suma de señales hay un decalado de tiempo. Esto se traduciría en una mala respuesta de las señales transitorias.

El diseño de las pantallas corregidas en fase tiene que ser muy cuidadoso, de manera que las superficies que sitúan a los altavoces en planos distintos no sean causa de reflexiones o alteraciones en la respuesta del sistema, ya que empeorarían la respuesta en vez de mejorarla.



Pantalla acústica corregida en fase. El volúmen queda determinado principalmente por el altavoz de graves.

Sistemas omnidireccionales

La disyuntiva entre si los altavoces han de ser direccionales u omnidireccionales ha dividido la opinión de los expertos y es motivo todavía de controversia. Un grupo de expertos argumenta que la mayor diferencia entre la música que se puede oir en casa y la que se oye en una sala de conciertos es la distinta relación entre sonido directo y sonido indirecto.

El Dr. Bosé demostró, con la ayuda de un computador, que una relación de 1:9 no sólo es deseable para la

reproducción musical sino que ha de ser uno de los atributos de un sistema de reproducción perfecto.

El grupo opuesto argumenta que las señales de las reflexiones están ya presentes en la grabación y que añadir reverberación a la ya existente sólo empeora la reproducción.

Muchos de los altavoces existentes presentan una radiación frontal, tal como se ve en la figura 26.

La diferencia entre el sonido radiado por la parte frontal y la parte posterior es evidente, incluso en altavoces de alta categoría. Pero en una reproducción real la diferencia entre el sonido radiado por la parte frontal de un instrumento y la parte posterior es mucho más pequeña.

Además, la sala de conciertos tiene una gran importancia en el resultado. Una de las diferencias entre la música oída en una sala de conciertos y la que se puede reproducir en casa es la diferencia de los sonidos reflejados y ecos existentes, que se subsanaba en las primeras grabaciones cuadrafónicas en las que la información de la sala era incluida en los altavoces posteriores. La importancia de los sonidos reflejados y ecos es clara, ya que si se oye una grabación realizada en una cámara anecoica se encuentra falta de color y brillo.

Las salas de conciertos tienen un tiempo de reverberación que está entre 0,7 y 3 segundos, mientras que las habitaciones utilizadas para oir música tienen un tiempo de reverberación situado entre 0,2 y 0,7 segundos.

Además, en los sonidos en vivo influyen las reflexiones provenientes de la pared posterior donde está ubicada la orquesta, así como de las paredes que rodean a la misma.

Si se reproducen los instrumentos orquestales, que como vimos tenían una característica omnidireccional, a través de altavoces que tienen una característica direccional, será difícil mantener el equilibrio sonoro entre los dos canales de sonido o el equilibrio tonal de los sonidos que se desplazan a través del plano sonoro.

Muchos de los sistemas de altavoces más costosos incorporan altavoces en la parte posterior a fin de ampliar la dispersión de los mismos (Infinity, Bosé, Electro-Voice), pero una solución más definitiva es diseñar un sistema de altavoces cuya radiación sea lo más parecida posible a la que tendría una esfera pulsante, es decir, como un balón que se hinchara y deshinchara siguiendo las señales del amplifica-

dor. En la foto adjunta puede verse un sistema de altavoces omnidireccionales de tipo infinito, que incorpora un altavoz de graves de 12″ montado en posición invertida para mejorar así su dispersión y 8 altavoces de medios y agudos montados alrededor de una estructura octogonal, de manera que difunden el sonido en forma circular. Un sistema de estas características presenta una radiación circular tal como se muestra en la figura 29.



Sistema de altavoces omnidireccionales de tipo infinito. Desarrollados con tecnología nacional (Vieta). Estas cajas o recintos acústicos gozan de gran prestigio en los países donde se exportan.

Ventajas

Radiación similar a la de los instrumentos orquestales, el efecto estereofónico no queda limitado a un solo lugar de escucha.

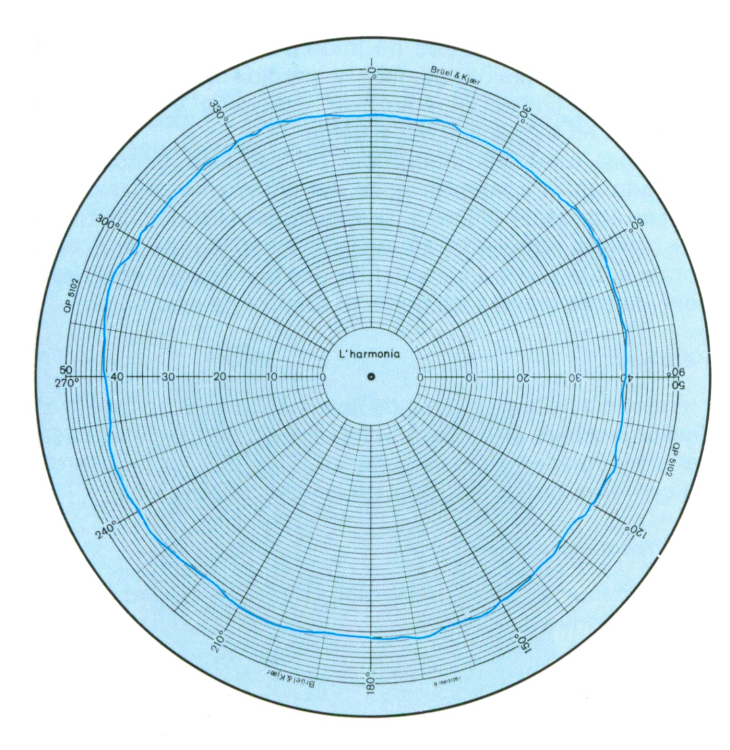


Figura 29. Sistema de altavoces omnidireccionales. La reproducción de graves se efectúa mediante un altavoz de gran tamaño asociado al bloque infinito.

Inconvenientes

Precio elevado, ya que incorpora más altavoces que una pantalla convencional.

Sistemas activos

Una manera de obtener un control total del conjunto amplificador-altavoz es diseñar un sistema de altavoces que lleve incorporado en su interior el sistema amplificador. Estas unidades van conectadas directamente al preamplificador.

Los sistemas de este tipo constan de un amplificador para cada altavoz, con un divisor de frecuencias electrónico a la entrada del mismo que reparte a cada amplificador la señal que le corresponde.

Un sistema de este tipo tiene varias ventajas: permite acoplar cada altavoz con el tipo y potencia de amplificador

adecuados, sin necesidad de intercalar filtros pasivos que introducen distorsión de fase y pérdida de rendimiento; también se consigue reducir la distorsión y mejorar la respuesta en frecuencia del sistema.

Algunas unidades incorporan un pequeño transductor, montado en el conjunto móvil del altavoz de graves, que genera una señal eléctrica proporcional al movimiento de este altavoz, esta señal se envía al amplificador de graves donde actúa como una señal de realimentación, obteniéndose de esta manera un perfecto control de este último.

Ventajas

Ausencia de la distorsión de fase que introducen los filtros divisores y baja distorsión de intermodulación. Eliminación del alargamiento en la reproducción del altavoz de graves, así como un aumento de su capacidad de potencia.

Inconvenientes

Precio muy elevado; problemas de compatibilidad con los equipos convencionales.

Subwoofers

Gran parte del coste y del volumen de los actuales sistemas de altavoces está destinado a la reproducción de las bajas frecuencias y, a menudo, el mejor altavoz, con un potente motor, no puede reproducir las bajas frecuencias con la misma fidelidad y calidad que las medias.

Un nuevo concepto para los sistemas de altavoces ha sido introducido con los subwoofers. Estos sistemas utilizan un solo altavoz, que reproduce las señales de baja frecuencia aprovechando una característica del oído según la cual éste no puede determinar la dirección de los sonidos de baja frecuencia.

Para reproducir las medias y altas frecuencias se utilizan unas unidades denominadas satélites que son de reducidas dimensiones, por lo que se las puede instalar fácilmente en el lugar más idóneo para una buena reproducción.

Los subwoofers son unidades que requieren un sistema separado de amplificación con los filtros divisores correspondientes, que reparten la señal entre los satélites y el subwoofer.

Ventajas

Posibilidad de diseño de un altavoz especialmente indicado para las muy bajas frecuencias; utilización de dos pequeñas unidades de más fácil colocación.

Inconvenientes

Precio elevado; problemas de compatibilidad con los demás sistemas.



Especial diseño de un bafle con estructura de pirámide truncada. Los distintos altavoces están escalonados en función del diámetro que poseen. (Cortesía: Epicure).

AURICULARES

Otro sistema de reproducción es el que se efectúa a través de auriculares. La mayoría de amplificadores que hay en el mercado tienen prevista una conexión para los mismos y, en caso de no tenerla, puede habilitarse fácilmente una toma para ellos.



Pantallas tipo «free standing» de madera de alta calidad con altavoz de agudos de muy pequeño tamaño que va provisto de cúpula blanda.

Existen varios tipos de auriculares y los más empleados son de tipo electrodinámico. Su principio de funcionamiento es el mismo de un altavoz electrodinámico, que ya vimos anteriormente. Normalmente emplean un diafragma moldeado en *mylar*, el cual lleva acoplada una bobina móvil, generalmente de una pulgada de diámetro. Todo este sistema minimiza el peso y asegura una buena reproducción de los agudos.

Una ventaja que tienen los auriculares respecto a los sistemas de altavoces es la de tener un control sobre el medio de transmisión del sonido. Los problemas de direccionalidad, así como de ondas estacionarias que se producen en una habitación, quedan de esta manera controlados.

Una característica importante de los auriculares es su poder de aislamiento del ruido exterior. Debe obtenerse un valor cercano a 40 dB, y para conseguir esto se emplean unas almohadillas rellenas de líquido que aseguran una buena adaptación de los auriculares a las irregularidades de la cabeza.

El aislamiento que proporcionan los auriculares puede causar en algunas personas efectos perniciosos: claustrofobia, pérdida del equilibrio. Para solucionarlo se han diseñado unos auriculares, denominados abiertos, que no aislan del ambiente exterior.

En estas unidades unos agujeros en la parte posterior posibilitan la escucha de todo lo que acontece alrededor; esta información, cuando llega al cerebro, ayuda a la persona a saber dónde está situada, evitándose así estos problemas.

Existen muchas variantes de los auriculares electrodinámicos, algunas de las cuales incluyen la posibilidad de aumentar o reducir el nivel de audición de cada auricular mediante un potenciómetro que llevan acoplado. Otros disponen de controles panorámicos que expanden el panorama musical y otros, como los del modelo Phase 2+2 Quadrafone, incorporan una unidad separada, denominada programador, que permite modificar la respuesta espacial de los auriculares en 127 posibilidades distintas.

Otro tipo de auriculares son las unidades electrostáticas. Estas utilizan el mismo principio de funcionamiento que ya vimos en el altavoz electrostático con las ventajas propias de este tipo de diseño: buena curva de respuesta y excelente reproducción de los transitorios sin algunos de sus inconvenientes (direccionalidad y pobre respuesta en bajas frecuencias).

Algunas unidades que utilizan este principio obtienen resultados que difícilmente se encuentran en sistemas de varios altavoces, como son una curva de respuesta que abarca de 15 a 50.000 Hz$\pm$2 dB con una distorsión armónica inferior al 0,2 %.

Recientemente y gracias al empleo de imanes de samario y de otras aleaciones de gran potencia, se ha conseguido reducir el tamaño y peso de los auriculares (50 gr) que se utilizan en los cassettes y radios portátiles.



Los auriculares de gran calidad resultan imprescindibles para reproducir perfectamente toda la gama audible que son capaces de entregar las cassettes.

INTERPRETACION DE LOS PARAMETROS DE LOS ALTAVOCES Y PANTALLAS

La medición de los altavoces y pantallas acústicas es una tarea difícil, dado que los resultados dependen en gran manera del procedimiento o ubicación del altavoz con respecto al micrófono de medida.

Pero, sin duda, el altavoz ha sido y es todavía el elemento más difícil de medir de todos los que componen una cadena hi-fi. Hay que tener en cuenta que las dimensiones del altavoz son muy diferentes a las longitudes de onda que genera.

A 20 Hz la longitud de onda de la señal reproducida es aproximadamente 40 veces superior a la dimensión del altavoz, y a 20 kHz el cono del altavoz puede ser 40 veces más grande que la señal que reproduce.

En los sistemas que utilizan varios altavoces los problemas son mayores, ya que éstos se interfieren mutuamente y con el ambiente exterior, dando lugar a variaciones del sonido radiado en una u otra dirección. Hay que añadir a esto que la habitación en que está situado el altavoz y su posición dentro de la misma «cargan» de distinta manera el altavoz, dando resultados distintos.

Estas y otras dificultades han dado lugar a que algunos especialistas declaren que un altavoz es un elemento muy difícil de medir y que su calidad debe ser evaluada mediante la audición del mismo.

Los fabricantes de altavoces utilizan varios equipos de medición acústica (figura 33).



Figura 33. Vista parcial de un laboratorio de electroacústica. Un perfecto ajuste de las cajas requiere un complejo equipo para obtener el máximo rendimiento del conjunto.

Estos equipos producen una curva de respuesta que informa del nivel de presión sonora que produce el altavoz a diferentes frecuencias, es lo que se denomina curva de respuesta del altavoz. A menudo estas curvas son publicadas, pero su interpretación es algo difícil para el consumidor que no está entrenado para descifrar este tipo de gráficos y no puede conocer qué tipo de «respuesta» producirá en su habitación una curva determinada. Además, cada fabricante toma las curvas de respuesta en su propio laboratorio y bajo determinadas condiciones, lo cual dificulta la comparación con la curva suministrada por otro fabricante.



Auricular abierto de elevada sensibilidad. (Cortesía: Pickering).

En el diseño de un sistema de altavoces se utilizan, además de los instrumentos de medida, evaluaciones

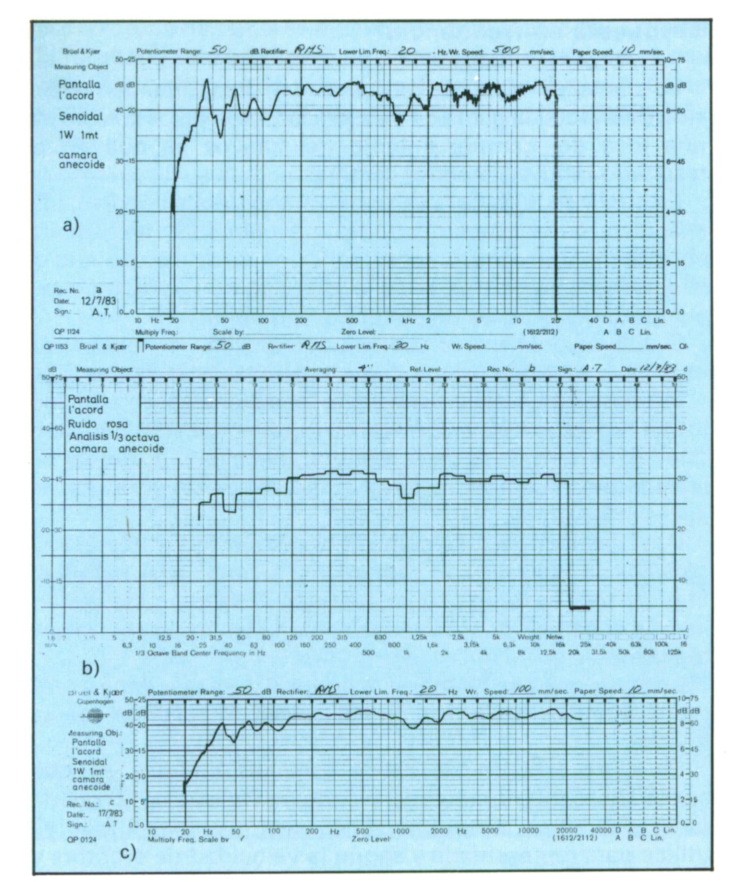


Figura 35. a) Respuesta de una pantalla acústica excitada con una señal senoidal; b) Curva de respuesta de la misma pantalla excitada con ruido rosa; c) Curva de respuesta de la misma pantalla presentada en otro papel y con otra velocidad de escritura.

subjetivas de los distintos prototipos. Estas mediciones se hacen en distintas condiciones acústicas y con oyentes entrenados, usando programas musicales de gran calidad. El resultado de estos tests, junto con el material del laboratorio, curvas, distorsiones, etc., permiten al diseñador conocer qué parámetros son más apreciados por los oyentes y cuáles puede sacrificar para mejorar otros. No se debe olvidar que el altavoz perfecto no existe, que los distintos sistemas de altavoces que hay en el mercado son soluciones de compromiso y que según el criterio de sus diseñadores habrán tomado más importancia unos parámetros que otros.

Respuesta en frecuencia

La curva de respuesta informa del comportamiento del altavoz en toda la gama de frecuencias, pero por sí sola no da una idea del comportamiento del altavoz ya que en el resultado influyen muchos factores.

La curva de respuesta se toma en una habitación llamada anecoica, cuyas superficies están recubiertas de material absorbente que elimina ecos y reflexiones, de manera que el micrófono sólo recoge la señal del altavoz y el comportamiento de éste no es afectado por la habitación.

El altavoz puede estar alimentado con señal senoidal y en este caso se obtiene una curva como la de la figura 35*a*.

Esta curva ha sido tomada a 1 m de distancia y en el eje de los altavoces, de 20 a 350 Hz, hay una corrección debido a que las dimensiones de la cámara anecoica, en que se ha efectuado la curva de respuesta, introducen un error que es necesario corregir.

Otro sistema de medición de la respuesta en frecuencia consiste en utilizar *ruido rosa* en vez de una señal senoidal. El *ruido rosa* es *ruido blanco* atenuado 3 dB por octava a fin de que el contenido de energía en cada tercio de octava sea el mismo.

La curva que se obtiene en la figura 35*b* es más llana y más representativa, debido a la naturaleza impulsional de la música.

En cualquiera de los casos conviene conocer en qué condiciones ha sido tomada, ya que una misma curva puede tener diferentes representaciones según el papel que se utilice para representarla y según la velocidad de escritura y del papel (figura 35*c*). Esta curva es la misma que la *a*) pero tomada con distinta velocidad de papel y escritura, el resultado es una curva más llana pero no real.

La forma que toma la curva de respuesta está muy relacionada con la posición del micrófono que capta la señal, ya que según esté o no en el eje de los altavoces que radien las frecuencias más altas (más direccionales) el resultado será distinto.

Otro sistema consiste en tomar la curva de respuesta en una habitación normal, como la que se dispondrá para la audición, a fin de que la posición del micrófono no influya en el resultado; la curva está tomada con un analizador en tiempo real que permite ir integrando los valores que recoge

el micrófono mientras se mueve por todo el área de audición. El resultado será una curva de respuesta que debe ser lo más parecida posible a la curva ideal de reproducción de un sistema en condiciones normales de escucha (figura 36).

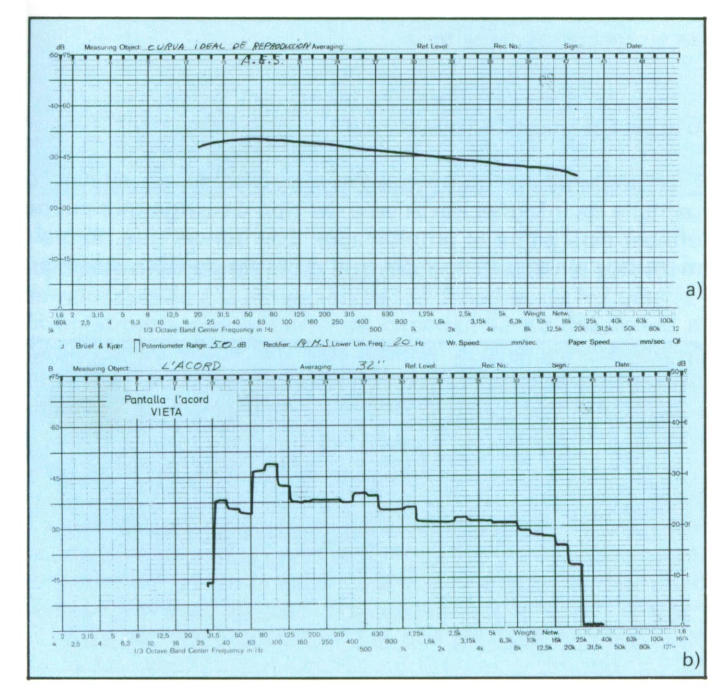


Figura 36. a) Curva ideal de reproducción de un sistema de altavoces según la 47.ª convención de AES; b) Curva de respuesta de una pantalla acústica tomada en una cámara semi-reverberante con un tiempo de integración de 32 segundos. Los picos en la zona de 100 Hz son debidos a las resonancias propias de la habitación.

Esta figura muestra la curva de la misma pantalla tomada en una habitación normal y moviendo el micrófono dentro del área de audición por espacio de 32″, durante los cuales se han ido sumando todas las señales que recibía. Puede verse también la curva ideal que debe tener un sistema de altavoces en una sala de audición. Esta curva ha sido determinada a base de distintas audiciones, tiene en cuenta las curvas de audición de varias salas de concierto y fue presentada en la 47 convención de la Audio Enginenering Society.

Recientemente, y gracias al empleo de nuevos sistemas de medición, se pueden obtener curvas de respuesta tridimen-

sionales representadas en tres ejes: amplitud, frecuencia y un tercer eje calibrado en milisegundos que informa sobre la forma en que va disminuyendo la señal una vez ha desaparecido la señal excitadora. Este tipo de respuesta proporciona una gran información sobre las resonancias y coloraciones del sistema de altavoces bajo ensayo, así como de su respuesta transitoria.

Curva de impedancia

La impedancia que presenta a la entrada un altavoz o pantalla da información acerca del tipo de carga que puede ofrecer éste sobre el amplificador. Las curvas que normalmente ve el usuario son del tipo de la figura 37 e informan

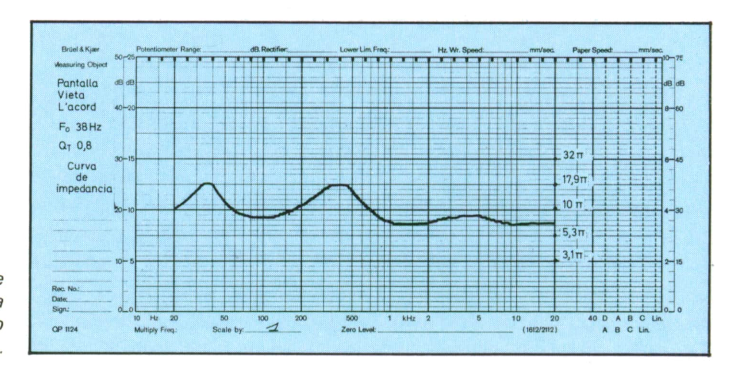


Figura 37. Curva de impedancia de una pantalla acústica tipo infinito.

sobre el valor de la reactancia que toma el altavoz o pantalla según la frecuencia, sin tener en cuenta si es resistiva, inductiva o capacitiva.

Para poner esto de manifiesto se recurre a otro tipo de gráfico, como el mostrado en la figura 38, donde se puede ver esta variación. Un tipo de carga muy capacitiva podría presentar problemas de acoplamiento con algunos amplificadores.

La curva de impedancia presenta generalmente un primer pico, que corresponde a la frecuencia de resonancia del altavoz de graves, seguido de una porción llana de la curva, que es lo que determina la impedancia nominal del sistema.

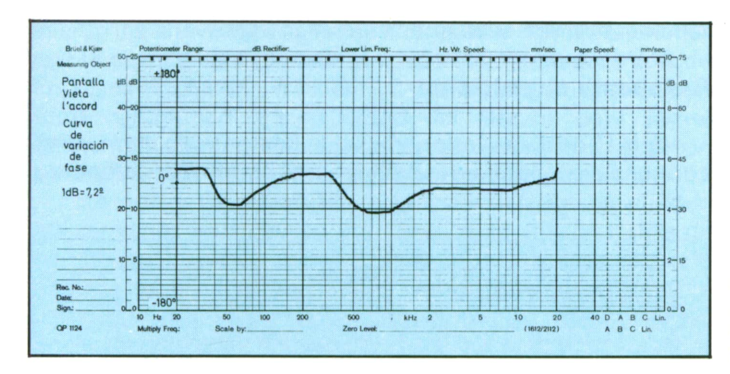


Figura 38. Curva de variación de fase de una pantalla acústica tipo infinito.

A frecuencias más elevadas la impedancia vuelve a aumentar de valor debido a la actuación de los divisores de frecuencia. Es importante que la curva de impedancia no descienda a valores muy bajos, ya que podría causar problemas al amplificador, sobre todo si se utiliza más de un sistema de altavoces al mismo tiempo.

Distorsión armónica

La distorsión armónica en los altavoces suele representarse por mediación de curvas separadas por armónicos, ya que es importante conocer de qué armónico se trata. La distorsión provocada por un armónico impar 3-5-7, etc., es mucho más desagradable que la que provoca un armónico par 2-4-6, etc., ya que este último está en «armonía» con la señal fundamental.

El hecho de representarlas en forma de curva proviene del hecho de que la distorsión no sigue una gráfica lineal, es decir, no hay el mismo % según sea la frecuencia. Generalmente la distorsión aumenta a medida que disminuye la frecuencia.

Todas las curvas de distorsión de los altavoces deben ser referidas al mismo nivel de salida, generalmente 90 dB a 1 m, independientemente de la señal que se necesite para producirlo. De esta manera las diferencias de rendimiento que presentan distintos altavoces quedan eliminadas.

Lo anterior es igualmente válido para la distorsión de diferencia de frecuencia. En este caso se aplica al altavoz un barrido formado por dos frecuencias de igual nivel y con una

separación entre ellas que hay que indicar.

Respuesta impulsional

Además de todas las pruebas que hemos visto, todas ellas con señales continuas, es conveniente conocer el comporta-

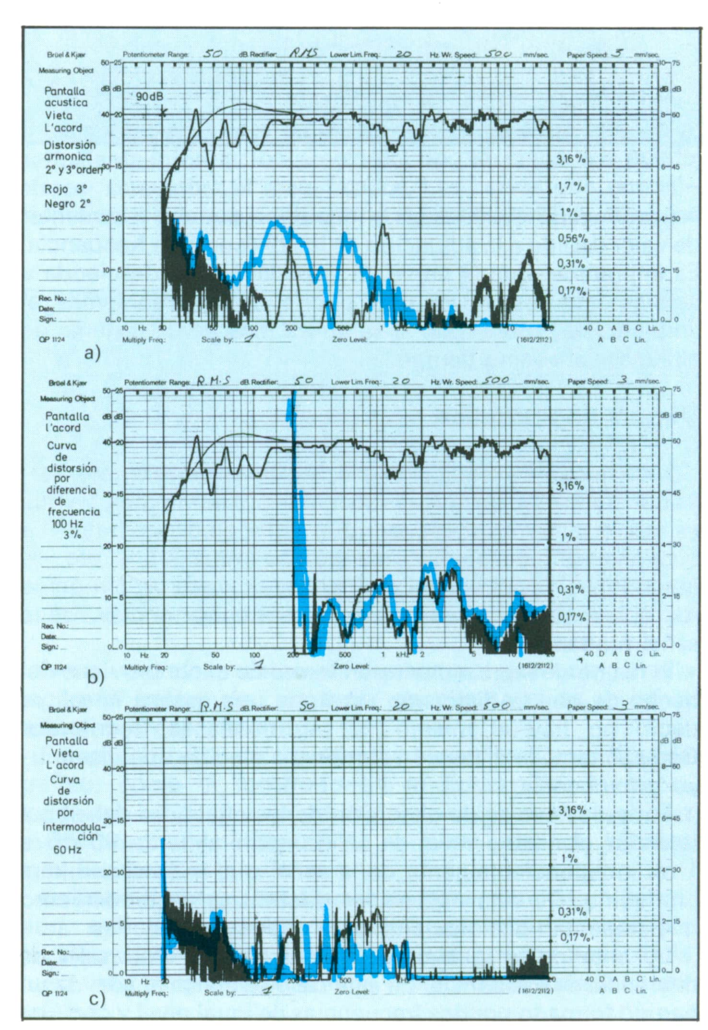


Figura 39. a) Curva de respuesta y distorsión armónica de una pantalla acústica corregida en fase; b) Curva de diferencia de frecuencia de la misma pantalla. El pico situado a 200 Hz debe despreciarse pues corresponde a la señal excitadora; c) Curva de distorsión de intermodulación de la misma pantalla

miento del altavoz en régimen de impulsos. Hay que recordar que la música está formada por una constante sucesión de impulsos de distintas frecuencias y raramente consiste en un tono continuado. La habilidad del altavoz para seguir fielmente todas estas variaciones sin modificarlas es un parámetro muy importante que conviene conocer.

Para poner de manifiesto esta característica se pueden utilizar varios sistemas: en uno de ellos se utilizan trenes de ondas bruscamente interrumpidas y se observa, en una pantalla de osciloscopio, cómo responde el altavoz a este tipo de señal (figura 40). Este tipo de ensayo requiere varios trenes de ondas, de frecuencias distintas, para poder evaluar el comportamiento del altavoz en toda la gama de frecuencias.

Otro sistema consiste en aplicar al altavoz un impulso de corta duración, generalmente del orden de 50 μs, y examinar en la pantalla del osciloscopio el comportamiento del altavoz ante este tipo de señal.

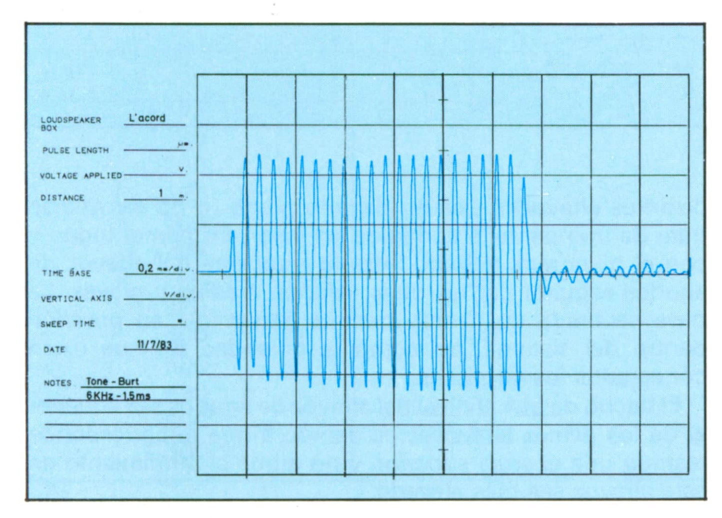


Figura 40. Respuesta de una pantalla acústica a un tren de ondas de una frecuencia de 6 kHz con una duración de 1,5 milisegundos. La base de tiempos es de 0,2 ms/div.

Una señal de este tipo corresponde a una banda pasante que va desde corriente continua (0 Hz) hasta 20 kHz, y su examen permite conocer el comportamiento de todos los altavoces del sistema, así como cualquier fenómeno de

reflexión que tenga lugar en el recinto.

La interpretación del resultado de este tipo de señal requiere alguna explicación, ya que está compuesta de la suma (decalada en tiempo) de la respuesta de todos los altavoces del sistema, dado que el centro acústico de los

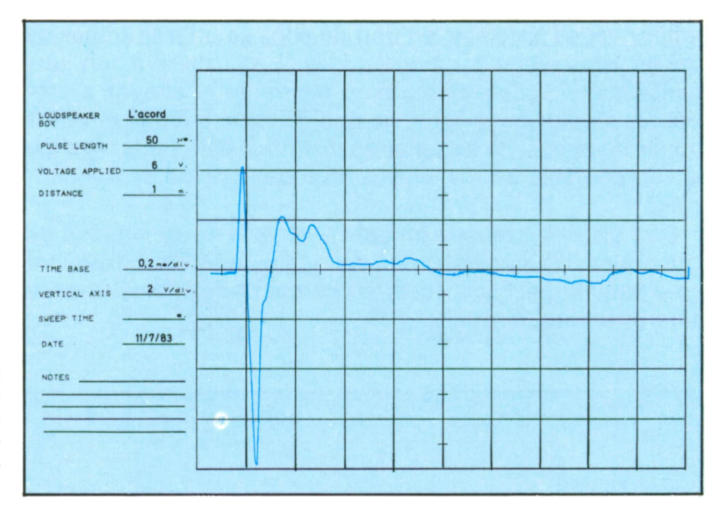


Figura 41. Respuesta de una pantalla acústica corregida en fase para impulsos de 50 μs con una base de tiempos de 0,2 ms/div.

distintos altavoces está en distinto plano (a no ser que se trate de una pantalla corregida en fase). En primer lugar, y con el nivel más elevado, está la respuesta del altavoz de agudos seguida por las otras señales, medios y graves. La base calibrada de tiempo permite determinar su posición dentro del sistema, así como la polaridad en que están conectados los altavoces.

El hecho de que el nivel del altavoz de agudos sea superior al de los demás altavoces es debido a que le corresponde restituir una energía superior, y no a que el rendimiento de este altavoz sea más elevado.

En la figura 41 puede verse la respuesta de una pantalla corregida en fase a un pulso de 50 μs de duración.

Rendimiento

Es la relación entre la potencia de salida del altavoz y la

TABLA DE CONVERSION dB/VATIO 0 dB=1 W	
VATIOS	**dB**
1 .	0
1,25	1
1,6	2
2	3
2,5	4
3,2	5
4	6
5	7
6,3	8
8	9
10	10
12,5	11
16	12
20	13
25	14
32	15
40	16
50	17
63	18
80	19
100	20
125	21
160	22
200	23
250	24
320	25
400	26
500	27
630	28
800	29
1.000	30

Tabla de conversión de decibelios a vatios, y viceversa.

suministrada a la entrada del mismo, expresada en tanto por ciento. Este valor, que es muy reducido ya que el altavoz es muy poco eficiente, es difícil de determinar, y pocos fabricantes lo suministran, en su lugar se suele especificar el

nivel de presión sonora producida por el altavoz a una determinada distancia, generalmente un metro, cuando es alimentado por un vatio. Este dato (sensibilidad) permite al usuario conocer qué potencia de amplificador necesita para obtener un determinado nivel de audición. La tabla puede ayudar a determinarlo.

Supongamos que se quiere obtener un nivel de audición de 105 dB en los pasajes fuertes y se dispone de una pantalla cuya sensibilidad es de 89 dB, 1 W 1 m:

se resta $105-89=16$ dB, a añadir

Buscando en la tabla, 16 dB corresponden a 40 W, que será la potencia que deberá tener el amplificador.

Capacidad de potencia

Es la potencia que puede aguantar el sistema de altavoces sin peligro de destrucción. Normalmente está especificada para la reproducción de un programa musical, y se determina alimentando al altavoz con ruido *blanco* filtrado con un filtro que tenga una curva similar a la «curva de respuesta» de un programa musical.

Es importante hacer notar que la potencia que se especifique ha de ser sin que el amplificador recorte la señal (*clipping*), ya que entonces se generan señales de frecuencias elevadas que pueden dañar a los altavoces de agudos.

No es un disparate decir que es más fácil estropear un altavoz con un amplificador de poca potencia que con uno de mayor potencia, ya que el primero es más fácil que recorte la señal.

Potencia mínima

Hay que distinguir entre la potencia mínima y la potencia máxima admisible que ya vimos antes. La potencia mínima está determinada por la sensibilidad de la pantalla, y es la potencia mínima que debe tener el amplificador que se utilice para alimentar la pantalla y poder obtener un nivel confortable de audición.

No hay que hablar de pantallas de 40, 50 ó 100 W. Las pantallas no tienen potencia, si acaso la pueden soportar. Entre la potencia mínima y la potencia máxima admisible

deberemos escoger nuestro amplificador en función del nivel de audición que queramos conseguir (véase la tabla).

Curvas polares

Sirven para determinar las características de direccionalidad de un sistema de altavoces, parámetro muy importante cuando se trata de una escucha estereofónica (véase pantallas omnidireccionales). Estas curvas (figura 42) son tomadas montando el altavoz sobre una plataforma giratoria que gira a la misma velocidad que el papel de registro. Al altavoz bajo ensayo se le conecta una señal de la frecuencia a la que se quiere medir su característica direccional, y un micrófono colocado enfrente va tomando el nivel que corresponde para cada posición de la pantalla.

Otros fabricantes utilizan la misma curva de respuesta en frecuencia para representar otra curva de respuesta con la

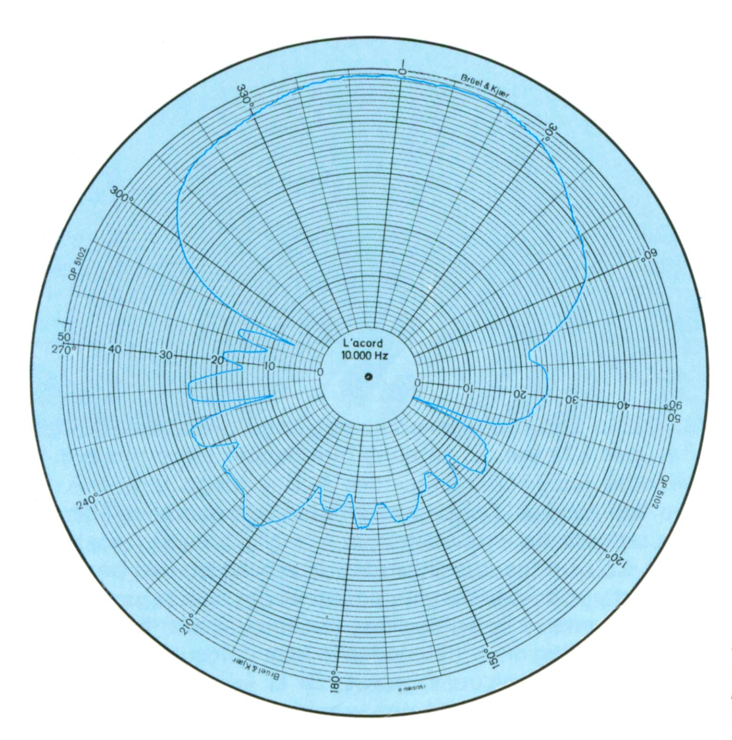


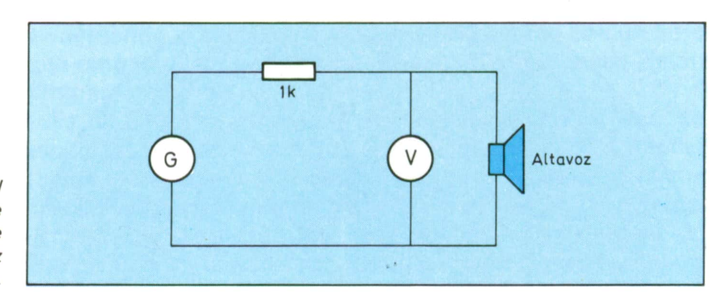
Figura 42. Diagrama polar de radiación de una pantalla acústica para una frecuencia de 10 kHz.

pantalla inclinada 15 a 30º, de esta manera es posible ver el nivel que se pierde al separarse del eje central del altavoz.

NORMAS PRACTICAS PARA LA ELECCION DE UN SISTEMA DE ALTAVOCES

Vamos a dar aquí algunas reglas que conviene seguir en el momento de efectuar comparaciones entre altavoces, y que son válidas también para la compra de un sistema de altavoces:

1.ª) Asegúrese de que el nivel de audición de los dos altavoces sea el mismo, modificando el nivel de volumen del amplificador si fuese necesario. No conviene olvidar que el oído no es lineal, es decir, no tiene la misma curva de sensibilidad a distintos niveles y es más lineal cuanto más alto es el nivel de audición; por eso se tiende a considerar como mejor la pantalla que suena más fuerte.



Montaje experimental para la determinación de la frecuencia de resonancia de un altavoz o pantalla acústica.

2.ª) No hacer nunca comparaciones entre más de dos altavoces a la vez. Si se tiene que decidir entre tres o más altavoces hacer comparaciones A-B y luego B-C o A-C, pero nunca A-B-C, ya que el oído no puede retener la característica del primer altavoz.

3.ª) Colocar los dos altavoces de prueba en una posición lo más parecida posible y equidistante del oyente, procurando que queden a una altura que sea aproximadamente la del oído. Los altavoces colocados cerca del suelo o en las esquinas producen más graves. Si el fabricante aconseja alguna posición especial procurar seguirla. Un altavoz que

haya sido diseñado para reflejar parte del sonido no funcionará correctamente contra unas paredes muy absorbentes.

4.ª) Efectuar la audición con discos o cintas conocidos y con distintas clases de música: piano, voz, gran orquesta, etc. Si la audición se hace con discos procurar usar la misma cápsula que se va a emplear después.



Auriculares con almohadilla acolchada para adaptarse mejor al pabellón del oído. Esta configuración resulta imprescindible para los melómanos cuando desean aislarse del exterior y atender únicamente a la música.

5.ª) Cuando se cree haber encontrado el altavoz que más satisface, escucharlo por lo menos durante media hora para ver si el tipo de sonido puede causar fatiga auditiva. Lo mejor es llevárselo a casa para oírlo en las condiciones en que se instalará. El resultado final depende en gran manera de la sala donde se coloque el altavoz.

6.ª) Procurar que el amplificador que se utilice sea de características similares al que se va a usar; potencia y factor

de amortiguamiento son dos parámetros que conviene sean lo más parecidos posible.

7.ª) La mejor manera de hacer la comparación es usar un comparador de altavoces que permita ajustar el volumen de audición para compensar las diferencias de rendimiento entre los altavoces, pero asegurarse de que este ajuste se hace entre el previo y la etapa de potencia. Algunos aparatos tienen unos atenuadores entre la salida del amplificador y los altavoces, este tipo de atenuación puede provocar problemas en el amortiguamiento del altavoz.

8.ª) Hacer la comparación con la mente abierta.

INSTRUCCIONES PARA LA UBICACION DE UN SISTEMA DE ALTAVOCES EN LA SALA DE ESCUCHA

Ya explicamos anteriormente que la curva de respuesta de un sistema de altavoces se ve alterada según sea la posición del micrófono. Por analogía esto es aplicable a la sala de escucha. El mejor sistema de altavoces puede dar un pobre resultado si no tenemos en cuenta un mínimo de precauciones que debemos tomar para su perfecta instalación.

Las pantallas acústicas pueden colocarse vertical u horizontalmente. En el primer caso, debe cuidarse que el altavoz de graves quede en la parte inferior. En el segundo caso, debe colocarse de manera que el altavoz de graves quede hacia el interior, de esta manera se obtiene un mejor efecto estereofónico en la reproducción.

Las pantallas acústicas deben quedar situadas en un plano frontal al oyente, a una altura aproximada a la de su oído (80-90 cm).

Según las dimensiones y disposición de los altavoces en algunas pantallas acústicas, le aconsejamos que utilice cualquiera de los pies soporte de pantalla que encontrará en el mercado, con una altura aproximada de 20 cm, de esta manera podrá situar las pantallas en la posición más conveniente para la audición.

Con el fin de conseguir una claridad óptima en la reproducción, el camino que sigue el sonido desde la pantalla acústica hasta el oyente no debe quedar obstruido por objetos voluminosos. En una instalación estereofónica

las pantallas acústicas deben quedar a un punto equidistante respecto del área de audición. Como norma general podemos decir que la distancia entre este área y las pantallas acústicas debe ser de 1,5 a 2 veces la distancia entre sus centros. Es especialmente importante probar diversos emplazamientos para las pantallas acústicas de un equipo estéreo. Los imprevisibles efectos resultantes de la disposición de los muebles, alfombras y cortinajes, o de las dimensiones de la sala, aconsejarán su colocación. Debe buscarse aquella situación en la que desde el lugar habitual de audición reciba usted una información sonora rica, sin pérdida de matices y con el máximo relieve sonoro. Colocarlas cerca del techo empobrece el resultado de la audición.



Varios modelos de auriculares. Existe la posibilidad de incorporar al conjunto un elemento de sujección para el micrófono.

En caso de situar las pantallas acústicas en una librería, es decir, en estanterías, deberá procurarse que éstas no queden situadas en el fondo de la misma. Asimismo, deberá procurar que no quede espacio entre la pantalla acústica y cualquiera de las dos paredes laterales de la estantería, dichos espacios pueden ser ocupados por libros. Las pantallas acústicas

colocadas en las esquinas de la habitación darán una más amplia respuesta en frecuencias graves, respuesta que en algunos casos puede ser excesiva.

Para conectar las pantallas acústicas debe emplearse cable adecuado. A título orientativo indicamos las secciones mínimas recomendadas para distintas longitudes:

Hasta 6 metros, utilizar cable de 1,5 mm^2 de sección.
De 7 a 10 metros, utilizar cable de 2 mm^2 de sección.
De 11 a 14 metros, utilizar cable de 2,5 mm^2 de sección.
De 15 a 20 metros, utilizar cable de 3 mm^2 de sección.
De 21 a 25 metros, utilizar cable de 3,5 mm^2 de sección.

En caso de no ser posible encontrar cable de la sección recomendada se aconseja utilizar el de valor inmediato superior.

Para distancias superiores a 25 metros utilizar cable de sección superior a 3,5 mm^2.

Como dato orientativo, hay que tener presente que la resistencia total de cable no debe ser superior al 5 % de la impedancia de las pantallas acústicas utilizadas.

Utilícese cable compuesto por el mayor número de conductores posible. No es aconsejable utilizar hilo (un solo conductor) aunque la sección sea la misma. Es de gran utilidad el empleo de cable con conductores identificables, pues facilita la puesta en fase de las pantallas acústicas. En los comercios especializados encontrará cable apropiado para tal fin.

Es indispensable que cada cable quede aislado y que no se establezca ningún contacto entre ellos, tanto en las conexiones de las pantallas acústicas como en el amplificador o receptor.

Tanto en el amplificador o receptor como en los terminales de entrada de las pantallas acústicas se indica cuál corresponde al positivo (+) y cuál al negativo (−). Al efectuar la conexión debe procurar, en primer lugar, que la pantalla acústica situada a la derecha quede conectada a los terminales del amplificador o receptor correspondiente al canal derecho; igualmente procederá con la pantalla situada a la izquierda, la cual debe quedar conectada a los terminales del amplificador o receptor correspondiente al canal izquierdo. En segundo lugar, debe mantener la correspondencia entre los terminales positivo (+) y negativo (−) de cada canal con cada pantalla acústica. El terminal positivo se

identifica con el borne de color rojo y el terminal negativo con el borne de color negro. Si esta correspondencia se ha mantenido los altavoces actuarán en fase, en caso contrario actuarán fuera de fase ocasionando una notable pérdida de relieve sonoro y una pobre reproducción en frecuencias graves.



Auriculares de tipo electrodinámico. El fleje de sujección también queda protegido para no molestar al usuario.

Para asegurarse de que la conexión es correcta, en fase, puede procederse tal como se indica a continuación:

1) Colocar las pantallas acústicas una junto a otra en el suelo o en el lugar que se estime más oportuno.

2) Poner en el giradiscos un disco estéreo o monofónico, rico en sonidos graves, y reproducirlo en la posición MONO del amplificador o receptor.

3) Parar el amplificador y hacer la siguiente prueba: invertir la conexión de una de las pantallas acústicas, es decir, el cable conectado al borne de color rojo conectarlo al

de color negro y el cable conectado al borne de color negro conéctelo al de color rojo. Luego efectuar de nuevo la audición del mismo disco y el mismo fragmento bajo las mismas condiciones reseñadas en el apartado 2.º

4) Observar en cuál de las dos anteriores conexiones (apartado 2.º y 3.º) se ha obtenido una reproducción más rica en frecuencias graves. Esta conexión será la correcta.

5) Hacer una señal en los cables anudando, por ejemplo, los extremos que corresponden a los bornes de color rojo de las pantallas acústicas y positivo (+) del amplificador o receptor en cada canal, y proceder luego a su instalación definitiva.

TERMINOLOGIA TECNICA USADA EN LAS ESPECIFICACIONES DE ALTAVOCES Y PANTALLAS

Damos a continuación una relación de la terminología usada en pantallas y altavoces. Hemos respetado la terminología inglesa por ser la más utilizada, damos también las unidades utilizadas.

Crossover frequencies. Frecuencias de cruce, frecuencias donde la señal disminuye 3 dB. *Hz.*

Effective piston area (S_0). Area efectiva del diafragma. m^2

Electrical Q Factor (Q_E). *Q* eléctrico, factor de calidad eléctrico del altavoz.

Emissive Diameter of the Diaphragm (D). Diámetro efectivo del diafragma, suele considerarse hasta la mitad de la suspensión. *m.*

Equivalent air volume of suspensión (V_{AS}). Volumen de aire equivalente a la elasticidad de la suspensión. *Litro.*

Flux density (B). Densidad de flujo. Densidad de flujo en el entrehierro del altavoz. *Tesla.*

Flux in the gap (Φ). Introducción en el entrehierro, flujo magnético total que existe en el entrehierro. *Weber.*

Force factor (B.L.). Factor de fuerza, es la constante de proporcionalidad entre una fuerza aplicada al altavoz y la intensidad de corriente eléctrica que se induce en la bobina. *Newton/Amper.*

Frequency range. Gama de frecuencias que reproduce el altavoz o pantalla, generalmente el límite inferior se sitúa para un nivel −12 dB y el superior a −6 dB. *Hz.*

Gap volume (V_E). Volumen del entrehierro del altavoz. m^3.

Handling power capacity. Potencia máxima que puede soportar el altavoz o pantalla, ésta referida a la potencia del amplificador que se utiliza. W_{RMS} a 8 Ω.

Height of the gap (H_E). Altura del entrehierro del altavoz. *mm.*



Un equipo completo de alta fidelidad debe disponer de bafles adecuados. En el lugar reservado a los discos se ven los auriculares empleados para una audición intimista. (Cortesía: Hitachi).

Magnetic energy (W). Energía magnética del motor del altavoz, es proporcional al volumen del entrehierro y al cuadrado de la inducción magnética. A mayor energía magnética mayor será el rendimiento del altavoz. *Watt/s.*

Mechanical resistance (R_{MS}). Resistencia mecánica del altavoz, constante de proporcionalidad entre una fuerza aplicada al altavoz y la velocidad que adquiere el mismo. *Kg/s.*

Mechanical Q factor (Q_M). Factor de calidad mecánica del altavoz.

Minimum impedance (Z min.). Valor mínimo que presenta la impedancia del altavoz o pantalla. *Ohm.*

Minimum recommended power. Potencia mínima necesaria que debe tener el amplificador que se utilice para excitar el altavoz o pantalla. Es función del rendimiento del altavoz, con el fin de conseguir un nivel de audición confortable. Entre esta potencia y la máxima admisible (Handling Power Capacity) deberemos escoger nuestro amplificador. W_{RMS} a 8 Ω.

Moving mass (M_{MS}). Masa mecánica móvil del altavoz, incluye la masa de la carga de aire sobre el altavoz. *Kg.*

Nominal impedance (Z). Impedancia nominal de la pantalla o altavoz, suele tomarse como valor el que presenta después de la frecuencia de resonancia. *Ohm.*

Resonance frequency (f_s). Frecuencia de resonancia del altavoz. La de la pantalla se denomina (f_{sb}), es aquella frecuencia para la cual la velocidad del altavoz es máxima. *Hz.*

Sensitivity. Sensibilidad o rendimiento, nivel de presión sonora que produce una pantalla o altavoz a 1 m de distancia cuando se le aplica una señal eléctrica con un nivel de 1 W. La señal puede ser senoidal o bien un espectro de ruido blanco o rosa. *dB 1 W a 1 m.*

Suspensión acoustic compliance (C_{AS}). Compliancia (elasticidad) acústica de la suspensión, $C_{AS} = C_{MS} \times S_D$ M^5/N_W.

Suspensión mechanical compliance (C_{MS}). Compliancia (elasticidad) mecánica de la suspensión, cuanto mayor sea más desplazamiento tendrá el altavoz para una cierta fuerza aplicada.

Total Q factor (Q_T). Factor de calidad total, es indicativo del grado de amortiguamiento de un altavoz o pantalla.

Voice coil height (h). Altura del bobinado de la bobina móvil, da una idea del desplazamiento que puede esperarse de un altavoz sin que el número de espiras de la bobina móvil disminuya dentro del entrehierro; debe descontársele la altura del entrehierro. *mm.*

Voice coil inductance (L_E). Inductancia de la bobina móvil del altavoz, valor inductivo que presenta a 1.000 Hz la bobina móvil del altavoz. Esta medida debe hacerse con el altavoz, con el conjunto móvil bloqueado o bien con el motor desimantado, a fin de que los movimientos de la bobina no afecten a la medición. μH.

